

平成19年8月27日  
原子力安全対策課  
(19-43)  
<11時資料配付>

## 美浜発電所1号機の原子炉起動と調整運転の開始について (第22回定期検査)

このことについて、関西電力株式会社から下記のとおり連絡を受けた。

### 記

美浜発電所1号機(加圧水型軽水炉;定格電気出力34.0万kW)は、平成18年11月1日から第22回定期検査を実施しているが、平成19年8月29日に原子炉を起動し、同日に臨界となる予定である。

その後は諸試験を実施し、8月31日頃に定期検査の最終段階である調整運転を開始し、9月下旬には経済産業省の最終検査を受けて営業運転を再開する予定である。

※ 平成19年2月上旬に発電を再開し、2月下旬に定期検査を終了する予定であったが、余熱除去系統サンプリングラインの溶接事業者検査手続き漏れや原子炉格納容器内の壁面からの水のにじみ等に対応するため、定期検査期間を延長した。

## 1 主要工事等

### (1) 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る予防保全工事

(図-1参照)

国内外PWRプラントにおける応力腐食割れ事例を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器一次冷却材出入口管台、安全注入管台、炉内計装筒管台の溶接部について、予防保全対策として、溶接部表面の残留応力を低減させるためにウォータージェットピーニング<sup>※1</sup>を施工した。

※1 金属表面に高圧ジェット水を吹き付けることにより、金属表面の引っ張り残留応力を圧縮応力に変化させる。

## 2 設備の保全対策

### (1) 2次系配管の点検他 (図-2参照)

①美浜発電所3号機事故を踏まえ、2次系配管1,057箇所について超音波検査(肉厚測定)等を行った結果、計算必要厚さを下回る箇所、および余寿命評価で次回定期検査までに計算必要厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

(超音波検査 1,043 箇所<sup>※2</sup>、内面目視点検 14 箇所；今回で未点検箇所の点検を終了)

※2 今定期検査開始時には1,018箇所について超音波検査(肉厚測定)を実施する計画であったが、下記の点について見直しを行い、合計1,043箇所について超音波検査を実施した。

・スケルトン図と現場との照合結果による変更	20箇所増、1箇所減
・他プラントの減肉事象を踏まえた変更	8箇所増
・今定期検査において追加で配管を取り替えた箇所	3箇所減
・他の配管取替え工事により追加で点検した箇所	1箇所増
	合計 25箇所増

②今定期検査開始時には76箇所の配管取替えを計画していたが、作業性の観点から3箇所を追加し、合計79箇所について配管を取り替えた。

## 3 定期検査中に発生した安全協定に基づく異常事象

### (1) 余熱除去システムサンプリングラインの溶接事業者検査手続き漏れ

(図3-1参照)

平成19年2月16日、今定期検査で行った余熱除去システムサンプリングラインの溶接形状変更工事において、溶接事業者検査を実施する必要があった2箇所で検査が未実施であることが判明した。

調査の結果、業務文書に溶接事業者検査の要否について審査するのに必要な資料を添付することになっていなかったこと、審査者の役割分担などが不明確であったこと、当該工事担当者に十分な知識の付与がなされていなかったことが問題であったと考えられた。

対策として、当該部を新品に取り替え、溶接事業者検査を実施した。また、溶接事業者検査について審査が確実に行われるよう社内ルールを見直すとともに、溶接事業者検査に関する教育について、その実効性を検証し、内容等の改善を図ることとした。

[平成19年2月16日、3月16日 記者発表済]

### (2) 原子炉格納容器内の壁面からの水のにじみ (図3-2参照)

キャビティ水張り完了後の平成19年3月22日、原子炉格納容器内のBループ室床面に小さな水溜りと壁面に水のにじみが確認された。水の分析の結果、1次システム水であることが確認された。

調査の結果、コーナープレート溶接部 3 箇所では塩素型応力腐食割れが、コーナーアングル溶接部 1 箇所では延性割れが確認された。また、これらの割れからキャビティ水が漏れ出し、コンクリート内を徐々に移動して、壁面からにじみ出たものと推定された。

対策として、割れが確認された部分について新品に取り替えるとともに、予防保全対策として、コーナープレート部およびコーナーアングル部について樹脂を塗布する工事を実施した。

[平成19年 4 月17日、 6 月14日 記者発表済]

#### 4 蒸気発生器伝熱管の渦流探傷検査結果

2 台ある蒸気発生器のうち、B-蒸気発生器伝熱管全数 (2,918本) について、渦流探傷検査を実施した結果、異常は認められなかった。

#### 5 燃料集合体の取替え

燃料集合体全数 121 体のうち、50体 (うち24体は新燃料集合体) を取り替えた。

燃料集合体の外観検査 (23体) を実施した結果、異常は認められなかった。

#### 6 次回定期検査の予定

平成20年 春頃

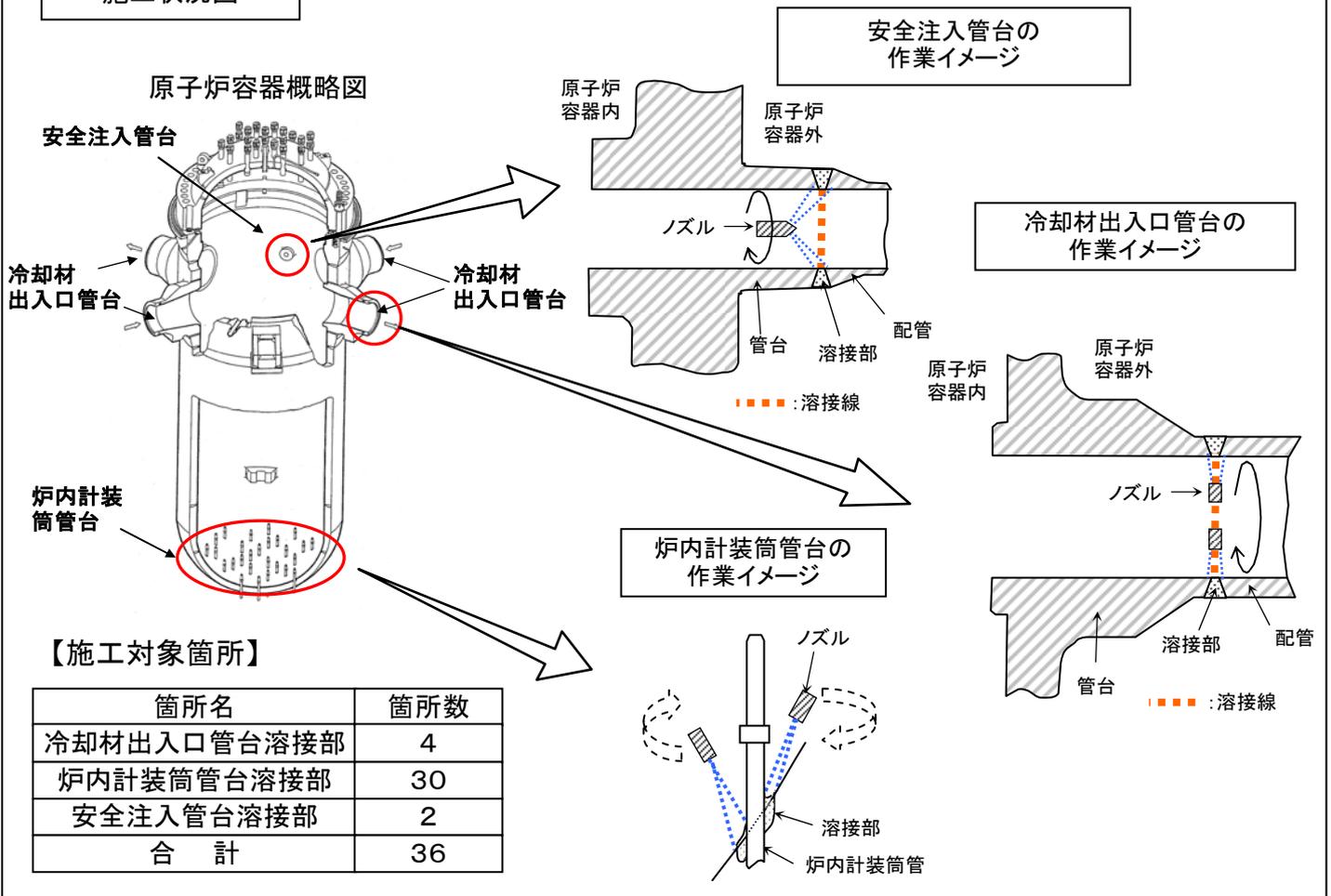
問い合わせ先(担当：藤内) 内線2354・直通0776(20)0314
--

# 図-1 原子炉容器管台溶接部等の応力腐食割れに係る予防保全工事

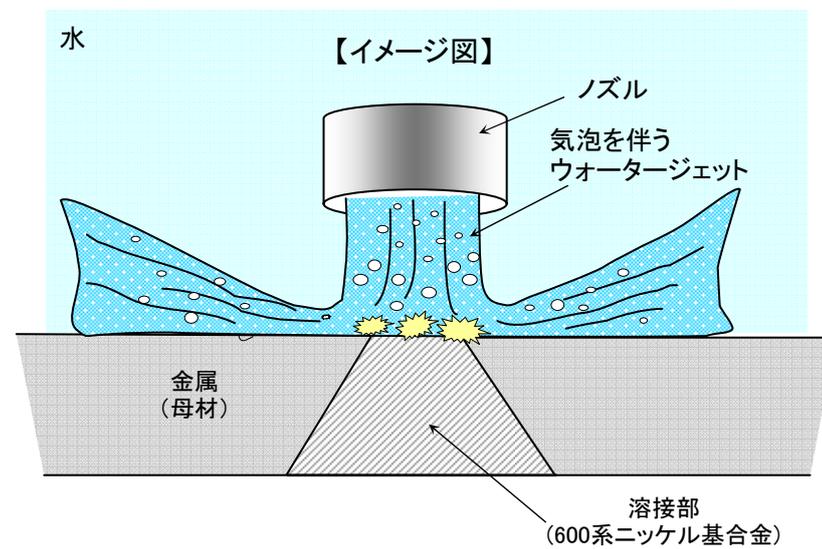
## 工事概要

国内外PWRプラントにおける、応力腐食割れ事例を踏まえ、600系ニッケル基合金が使用されている原子炉容器の1次冷却材出入口管台、安全注入管台、炉内計装筒管台の溶接部について、予防保全として、溶接部表面の残留応力を低減させるためのウォータージェットピーニングを施工した。

## 施工状況図



## ウォータージェットピーニングの原理



## 【説明】

水中で高圧ジェット水(約60 MPa)をノズルから噴射すると、気泡が発生する。この気泡は、高速のウォータージェット流に乗って流れ、溶接部表面近傍で崩壊する。

その時に生じる衝撃力で溶接部表面をたたき(ピーニング)、溶接部表面近傍の残留応力を低減する。

図-2 2次系配管の肉厚検査等

点検概要

(点 検)

今定期検査において、合計1,057箇所について超音波検査(肉厚測定)等を実施した。  
 <超音波検査(肉厚測定):1,043箇所、内面目視点検:14箇所>

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく超音波検査(肉厚測定)

	「2次系配管肉厚の管理指針」の点検対象部位 ※1 [<>内は、定検開始時点]		今回点検実施部位 ※2 [<>内は、定検開始時点]		今回点検実施後の 点検未実施部位 [<>内は、定検開始時点]
	総数	未点検部位	(点検済部位)	(未点検部位)	
主要点検部位	554 <554>	0 <0>	361 <357>	0 <0>	0 <0>
その他部位	1,661 <1,642>	475 <456>	264 <260>	418 <401>	0 <0> ※3
合計	2,215 <2,196>	475 <456>	1,043 <1,018>		0 <0>

※1:(点検対象部位総数)定検開始時点からの変更内容

	総数	未点検部位	理 由
主要点検部位	0	0	-
その他部位	+19	+19	・スケルトン図と現場との照合結果による増減:+20箇所、-1箇所

※2:(今回点検実施部位)定検開始時点からの変更内容

	今回点検実施部位	理 由
主要点検部位	+4	・他プラントの減肉事象を踏まえた変更:+3箇所 ・他の配管取替工事により追加で点検した箇所:+1箇所
その他部位	+21	・スケルトン図と現場との照合結果による変更:+20箇所、-1箇所 ・他プラントの減肉事象を踏まえた変更:+5箇所 ・今定期検査において追加で配管を取り替えた箇所:-3箇所
合計	+25	

※3:その他部位の未点検部位475箇所のうち、418箇所を点検、57箇所を取替えた。  
 このため今定期検査後の点検未実施部位は0箇所となった。

○2次系配管肉厚の管理指針に基づく内面目視点検

高圧排気管の直管部14箇所について内面目視点検を実施した。

(結 果)

○計算必要厚さを下回る箇所、および余寿命評価で次回定期検査までに計算必要厚さを下回る可能性があるとして評価された箇所はなかった。

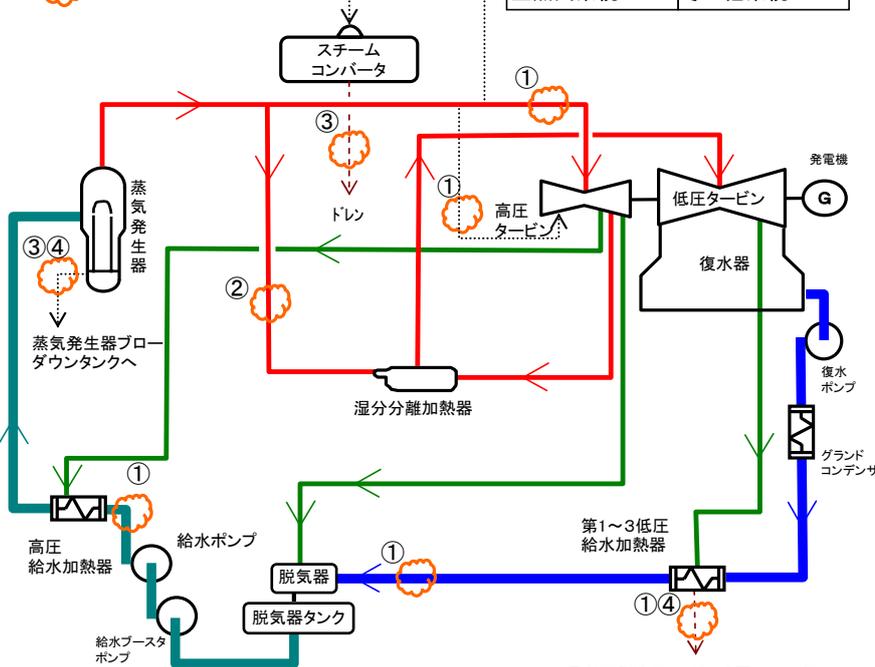
取替概要

○今定期検査開始時には76箇所の配管取替を計画していたが、作業性の観点から3箇所を追加し、合計79箇所について配管を取替えた。

系統別概略図

①②③④ : 主な配管取替箇所

復水系統	抽気系統
給水系統	ドレン系統
主蒸気系統	その他系統



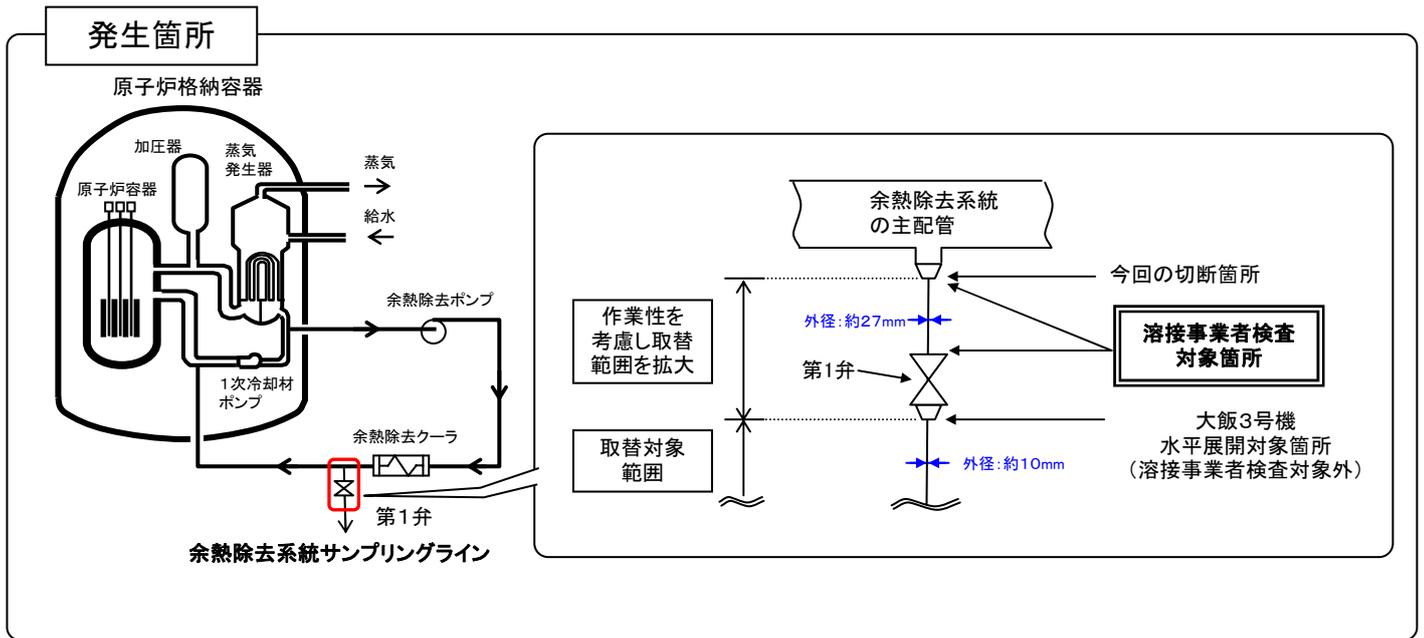
\* 取り替えは第1、第2低圧給水加熱器

【取替理由と取替箇所数】

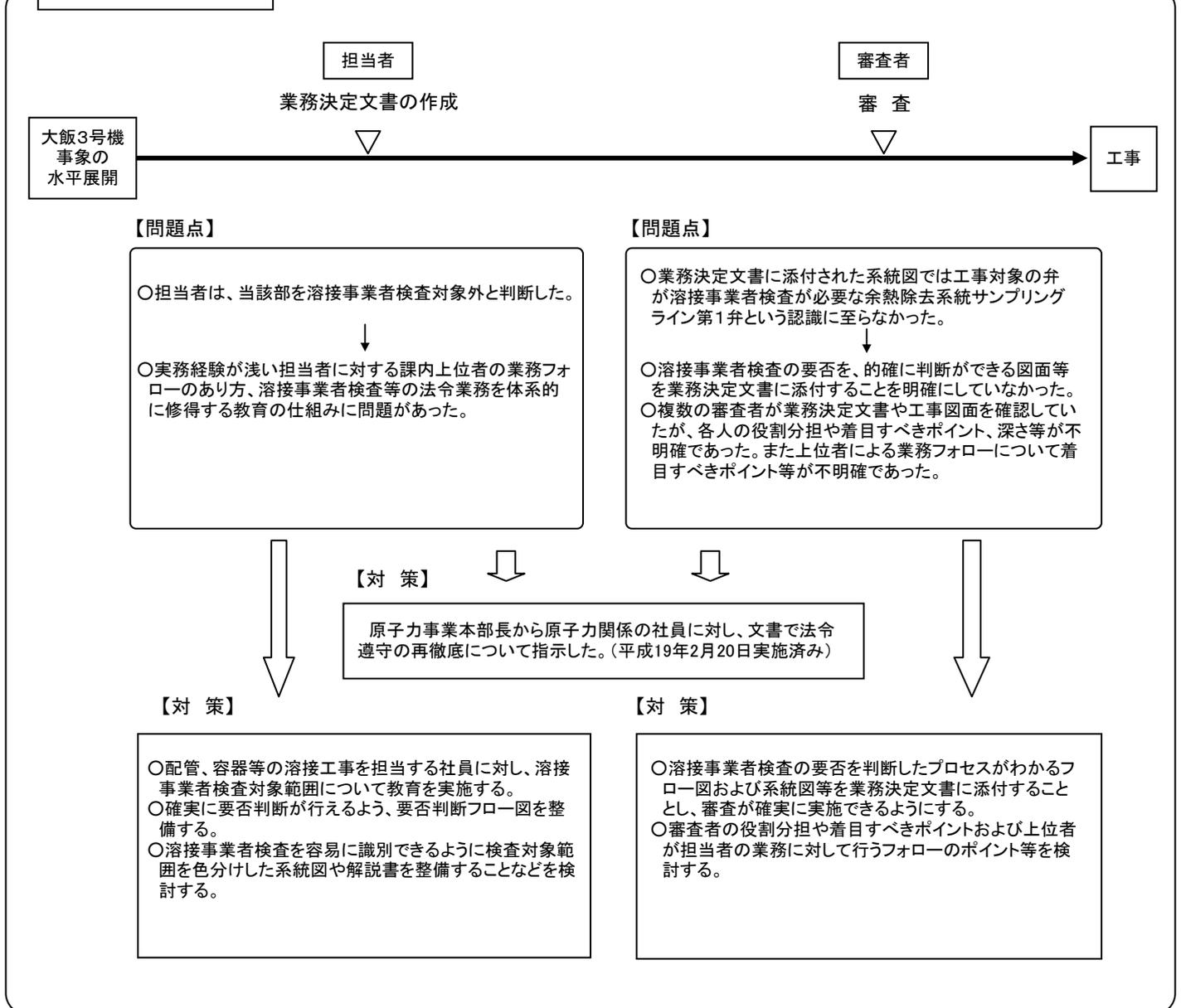
- ①余寿命10年未満で減肉が確認されたため取替えた(8箇所)
  - ・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 5箇所
  - ・炭素鋼 ⇒ 同種材料(炭素鋼) 3箇所
- ②配管の保守性を考慮して取替えた(3箇所)
  - ・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 3箇所
- ③これまでに他プラントで減肉を確認した類似箇所(61箇所)
  - ・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 61箇所※4
  - ※4:その他部位の未点検部位55箇所を含む。
- ④作業性を考慮して取替えた(7箇所)
  - ・炭素鋼 ⇒ ステンレス鋼 7箇所※5
  - (当初計画4箇所に3箇所を追加した)
  - ※5:その他部位の未点検部位2箇所を含む

取替箇所数合計 : 79箇所

図3-1 余熱除去システムサンプリグラインの溶接事業者検査手続き漏れ



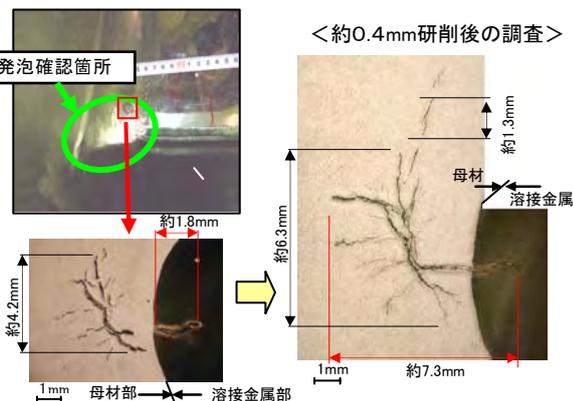
問題点および対策





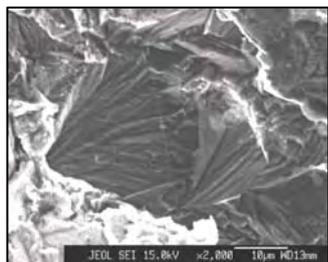
### コーナープレート部の調査 (例:発泡確認箇所①)

#### 欠陥形態調査



割れは、溶接近傍母材で発生し、結晶粒内を進展、枝分かれており、塩素型応力腐食割れの様相である。また、約0.4mm研削後、枝分れていた割れがなくなったことから、裏側から発生・進展したものと考えられた。

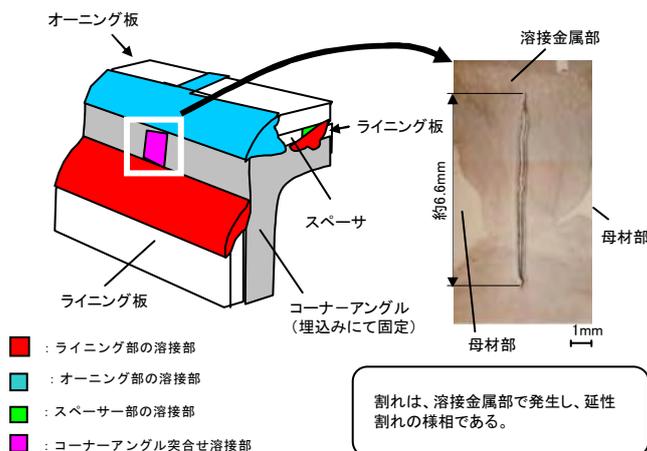
#### 切出調査(破面観察)



塩素型応力腐食割れ特有の羽毛状の破面が認められた。

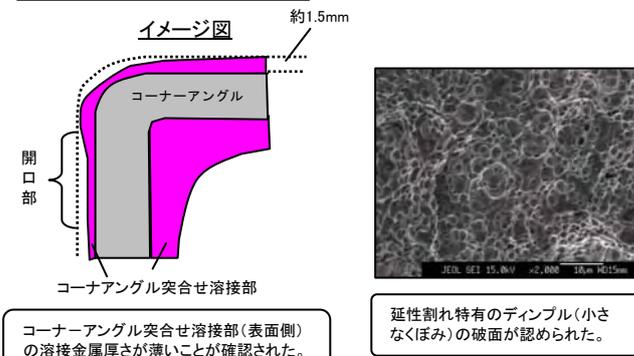
### コーナーアングル部の調査 (発泡確認箇所②)

#### 欠陥形態調査



割れは、溶接金属部で発生し、延性割れの様相である。

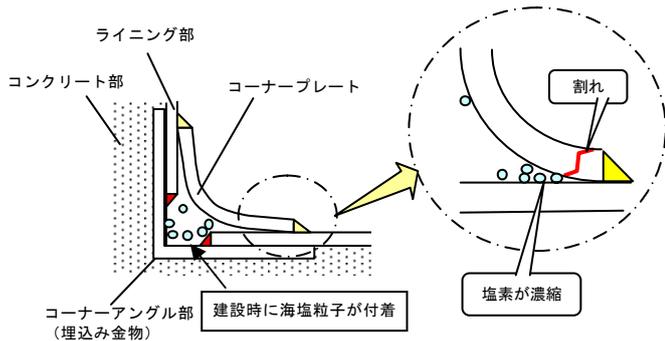
#### 切出調査(破面観察)



コーナーアングル突合せ溶接部(表面側)の溶接金属厚さが薄いことが確認された。

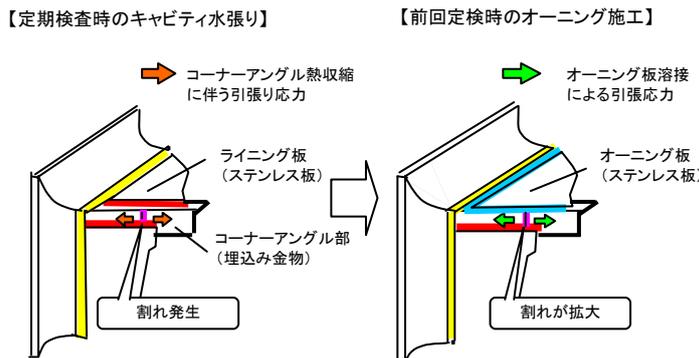
延性割れ特有のディンプル(小さなくぼみ)の破面が認められた。

### 塩素型応力腐食割れの 推定メカニズム



コーナープレートとコーナーアングル部との隙間において、運転時と定期検査時のキャビティ内の温度変化により、結露水が発生・蒸発を繰り返すことで塩素が濃縮し、塩素型応力腐食割れが発生・進展し、貫通した。

### 引張応力による延性破壊の 推定メカニズム



溶接金属の溶け込みや厚さが不足していたため、水張り時にコーナーアングル熱収縮に伴う引張り応力により延性割れが発生した。

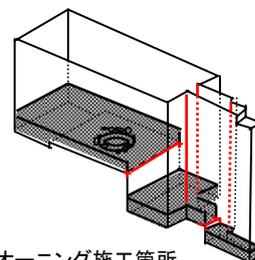
前回の定期検査時にオーニング板(ステンレス板)の溶接により、引張応力が発生し、割れが拡大した。

### 対 策

- コーナープレート溶接部3箇所については、当該部を切り取って、内面洗浄した後、新品のコーナープレートを溶接した。
- コーナーアングル溶接部1箇所については、当該部を切り取って、新品のコーナーアングルを十分な溶接金属厚さを確保して、溶接した。
- 予防保全の観点から、オーニング設置工事を実施していない床面のコーナープレート部およびコーナーアングル部については樹脂を塗布した。

#### 【樹脂塗布概要図】

— : 樹脂塗布箇所

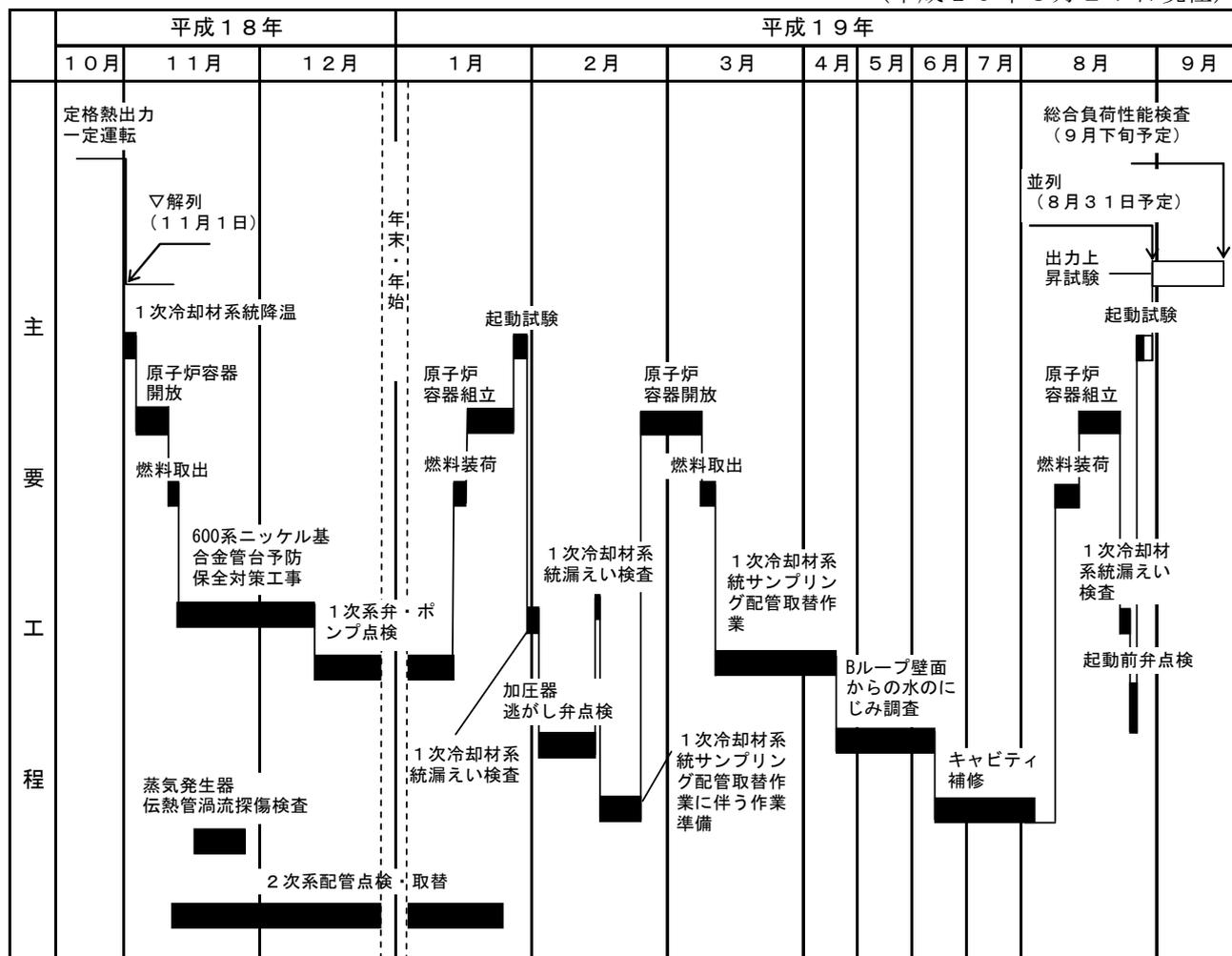


■ : オーニング施工箇所

美浜発電所1号機 第22回定期検査の作業工程

平成18年11月1日から約11ヶ月の予定であり、以下の作業工程にて実施しています。

(平成19年8月27日現在)



黒塗りは実績を表します

[参 考]高経年化対策として実施した主な作業

○電気ペネトレーション※3代表部位での絶縁抵抗測定

絶縁低下についての長期健全性評価の妥当性を検証するため、電気ペネトレーションのうち9箇所について、格納容器外側および内側の端子台より測定対象線芯を端子台より解線して絶縁抵抗を測定し、異常がないことを確認した。

※3：電気ペネトレーション

格納容器内外のケーブルを中継し、電力および信号を送受するための電線貫通部をいう。

○コンクリート構造物代表部位での非破壊試験

使用環境によって圧縮強度の低下が生じる可能性のあるコンクリート構造物の構造健全性を確認するため、外部遮へい壁、取水構造物等、コンクリート代表部位表面の反発硬度を測定し、圧縮強度に急激な経年変化が生じていないことを確認した。